



Foto: Daniela Candido

COMUNICADO
TÉCNICO

579

Concórdia, SC
Março, 2021

Embrapa

Considerações técnicas sobre o uso de carcaças de animais mortos não abatidos em processos de digestão anaeróbia

Airton Kunz
Deisi Cristina Tápparo
Rodrigo da Silveira Nicoloso
Ricardo Luis Radis Steinmetz
Everton Luis Krabbe

Considerações técnicas sobre o uso de carcaças de animais mortos não abatidos em processos de digestão anaeróbia¹

¹ Airton Kunz, Químico Industrial, doutor em Química, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC. Deisi Cristina Tápparo, Engenheira Ambiental e Sanitarista, doutorada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR. Rodrigo da Silveira Nicoloso, Engenheiro Agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC. Ricardo Luis Radis Steinmetz, Químico Industrial, doutor em Engenharia Química, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC. Everton Luis Krabbe, Engenheiro Agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC.

Introdução

A suinocultura é uma das cadeias produtivas de maior expressão na agropecuária brasileira, apresentando grande importância econômica e social. Na busca de maior produtividade, visando redução de custos e maior controle sanitário, adotaram-se sistemas com concentração de animais em pequenas áreas territoriais.

Além da geração de efluentes outra preocupação da atividade suinícola é o manejo e destinação de animais mortos nas unidades produtoras. Em toda atividade de produção animal existe mortalidade rotineira, no entanto devido a densidade da produção animal

estar cada vez mais concentrada e de grande escala em algumas regiões, o volume de animais mortos torna-se problemático, sendo inclusive tema do projeto Tecnologias de Destinação de Animais Mortos (TEC-DAM), liderado pela Embrapa (<<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/tec-dam>>).

A cadeia suinícola e os órgãos públicos reconhecem a necessidade de alternativas de gerenciamento para a eliminação de carcaças, buscando opções de baixo custo e um destino ambientalmente adequado. Conforme descrito na IN 11 (IMA, 2014), Machado (2014) e Nicoloso et al., (2017), cada fase de crescimento dos animais é caracterizada por uma produção diferente de dejetos e de taxas de mortalidade animal (Tabela 1).

Tabela 1. Volume de dejetos e taxas de mortalidade nos sistemas de produção de suínos.

Sistema de produção de suínos	Volume de dejetos (L animal ⁻¹ d ⁻¹)	Mortalidade média (% ano ⁻¹)
Ciclo completo (CC)	47,1	5,7
Unidade produtora de desmamados (UPD)	22,8	7
Crechário (CR)	2,3	3,2
Unidade de terminação (UT)	4,5	4

A produção de metano a partir de resíduos da produção animal tem crescido no Brasil e no mundo, pois apresenta grande potencial para incrementar a renda e abater custos produtivos. Ao passo que, aliado a produção de energia limpa, a digestão anaeróbia apresenta-se como alternativa de tratamento, reduzindo o impacto ambiental. Os resíduos de origem animal são considerados ótimos substratos para a produção de biogás, pois são ricos em proteínas e lipídios (Tápparo et al., 2018). No entanto, a degradação deste resíduo pode ser instável devido à elevada produção de compostos intermediários e finais, como ácidos orgânicos voláteis, ácidos de cadeia longa e o nitrogênio amoniacal, razão pela qual tecnicamente não é recomendada a monodigestão de carcaça. Estes compostos são produzidos durante a degradação de proteínas e lipídios, podendo inibir o processo (Rajagopal et al., 2014).

Digestão anaeróbia

A codigestão dos dois resíduos advindos da suinocultura (dejeito e carcaças animais) é uma excelente alternativa, haja vista que o dejeito pode contribuir com a diluição de compostos produzidos durante a decomposição da carcaça. Por sua vez, a carcaça pode contribuir com a potencialização da produção de biogás nas unidades produtoras, pois apresenta um potencial de produção superior ao dejeito. A produção de biogás de cada tonelada de carcaça é equivalente a 70 m³ de dejeito, considerando

a concentração de sólidos voláteis no dejeito de 2 % (m v⁻¹) e na carcaça de 43 % (m m⁻¹) (Tápparo et al., 2020).

Trituração das carcaças

Caso as partículas de subproduto animal a serem tratadas possuam dimensão > 5 cm, esta deve ser reduzida utilizando-se equipamento de trituração adequado, de forma que o tamanho de partícula desejado seja ≤ 5 cm. Quando a dimensão da partícula do subproduto não for adequada a mesma pode afetar o sistema de mistura do equipamento de higienização (pedaços grandes, principalmente ossos, danificam o equipamento), sobrecarregar a tubulação que leva o material triturado ao biodigestor, causando entupimentos. Além disso, pode danificar ou causar perda de eficiência em sistemas de homogeneização de biodigestores que são agitados mecanicamente.

A trituração adequada do material visa a maior homogeneidade, aumento da superfície de contato, melhorando a higienização do material, facilitando o processo de digestão anaeróbia e redução da mão de obra com o esquartejamento manual das carcaças.

Codigestão em reatores do tipo CSTR (continuous stirred tank reactor) e BLC (biodigestor de lagoa coberta)

As taxas de mortalidade animal e produção de dejetos em conjunto com as características dos resíduos determinaram os parâmetros operacionais do uso da codigestão de carcaças e dejetos suínos. A codigestão do dejetos suíno com carcaça suína em diferentes fases de crescimento animal, requer diferentes relações carcaça/dejeto. Estas relações variam entre 2,5 kg_{carcaça} m⁻³_{dejeto} até 6 kg_{carcaça} m⁻³_{dejeto}, conforme os dados descritos na Tabela 2. Conforme dados descritos por Tápparo et al., (2019), em reatores modelo CSTR a relação carcaça/dejeto máxima é de 68 kg_{carcaça} m⁻³_{dejeto} enquanto que para o modelo BLC esta relação diminui para no máximo 15 kg_{carcaça} m⁻³_{dejeto}. As diferenças entre a relação máxima permitida são atribuídas a configuração de cada modelo de biodigestor, enquanto o CSTR opera em faixa mesofílica (± 37 °C) de temperatura e possui sistema de agitação, o BLC opera em faixa psicrofílica (<25 °C) e normalmente não possui sistema de agitação.

Tabela 2. Volume de dejetos, taxas de mortalidade, idade dos lotes, peso animal e relação carcaça/dejeto para os diferentes sistemas de produção de suínos.

Sistema de produção de suínos	Volume de dejetos produzido (L animal ⁻¹ d ⁻¹)	Mortalidade (%)	Idade do lote (d)	Peso animal médio (kg)	Relação carcaça/dejeto ¹ (kg _{carcaça} m ⁻³ _{dejeto})
Unidade produtora de desmamados (UPD)	22,8	7	365	250	2,5
Crechário (CR)	2,3	3,2	40	15	5,2
Unidade de terminação (UT)	4,5	4	120	75	5,6

¹Considerando as taxas de mortalidade animal.

Aspectos sanitários

O processo de digestão anaeróbia pode ser um método sustentável para o manejo de carcaças e dejetos suínos em granjas, convertendo-os em biogás e fertilizantes orgânicos, gerando benefícios ambientais e socioeconômicos (Hidalgo et al., 2018). No entanto, quando os reatores são operados em temperaturas psicrófilas e mesófilas, o processo de digestão anaeróbia não é suficiente para garantir aspectos de segurança sanitária (Viancelli et al., 2013; Fongaro et al., 2014; Tápparo et al., 2018).

Pré-tratamento térmico

Considerando-se os aspectos sanitários, pelo uso de carcaças nas unidades de geração de biogás, um pré-tratamento é recomendável para evitar a disseminação de patógenos, diminuindo os riscos à biossegurança dos sistemas produtivos e ao meio ambiente.

A temperatura é considerada um importante agente na inativação dos patógenos. A relação tempo *versus* temperatura é determinante na inativação destes patógenos, ou seja, temperaturas mais altas requerem tempos menores e vice-versa. O aumento da temperatura pode causar desnaturação de proteínas na membrana celular, devido a sua permeabilidade, permitindo a difusão de compostos no citoplasma, levando a inativação dos patógenos (Ziemba; Peccia 2011).

O uso de bactérias entéricas e vírus como bioindicadores de contaminação e de eficiência de pré-tratamentos é frequente em todo o mundo. Dentre as bactérias zoonóticas de interesse da suinocultura, destaca-se a *Salmonella*. Os animais podem ser infectados por uma gama de sorotipos de *Salmonella*, podendo ser fontes de contaminação (Kich et al., 2011). Além disso, a *Salmonella* spp. é o agente causador da Salmonelose, uma das doenças entéricas de maior importância na cadeia suínica (Kim; Isaacson, 2017). Em vista destas características o gênero *Salmonella* é um importante bioindicador bacteriano. Em contrapartida, o Circovírus Suíno do tipo 2 (PCV2) é um representante dos vírus entéricos, considerado um dos mais resistentes e estáveis, sendo utilizado como modelo viral (Ramirez; Zaabel, 2012). O PCV2 é um dos causadores da Circovirose Suína e pode ser encontrado em rebanhos suínos de todo o mundo, sendo responsável por impactos econômicos na cadeia produtiva (Franzo et al., 2015).

Sendo assim, para um pré-tratamento efetivo considerando-se indicadores virais infecciosos termorresistentes, tais como o PCV2, deve-se atingir uma redução de 99.9 % (3 log). Para utilização de *Salmonella* spp. como indicador de inativação de patógenos bacterianos a redução mínima desejada também está na faixa de 99,9 % (3 log).

Pós-tratamento em lagoas de armazenamento

No Brasil, o digestato suinícola (biofertilizante) é usualmente estocado por cerca de 40 dias em lagoas de estabilização, para posterior uso agrícola como biofertilizante (Fongaro et al., 2014; IMA, 2014). A estocagem, além da estabilização da matéria orgânica, pode ser usada como agente para higienização do digestato. O pós-tratamento pode ser aplicado para garantir a segurança sanitária dentro da unidade produtora. A estocagem em lagoas de estabilização pode ser utilizada para inativação de patógenos entéricos em digestatos suinícola, sendo necessário considerar o TRH (tempo de retenção hidráulica), a estação do ano e sua temperatura ambiente média, já que a higienização ocorrerá em função da mesma, sendo de 120 dias o TRH mínimo desejável para o inverno e de 90 dias para o verão (Fongaro et al., 2018).

Uso agrônomo do digestato

A aplicação de fertilizantes ao solo, independente da fonte ter origem mineral ou orgânica, tem por objetivo suprir a demanda de nutrientes das culturas agrícolas a fim de que estas expressem o seu potencial produtivo. Neste sentido, a reciclagem do digestato como fertilizante deve seguir recomendações

agronômicas regionalizadas (Manual..., 2016; Pauletti: Motta, 2019). As doses de aplicação do digestato e demais fertilizantes suplementares devem atender eficientemente a demanda de nutrientes (especialmente N, P e K) das culturas agrícolas sem excessos que possam impactar negativamente o ambiente (Aita et al., 2014; Escosteguy et al., 2016; Gatiboni et al., 2015, 2020; Nicoloso et al., 2019).

Além dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S), o digestato oriundo do tratamento dos dejetos de suínos também contém micronutrientes (notadamente Cu e Zn, entre outros) que, embora essenciais ao crescimento das plantas, são demandados por estas em pequenas quantidades e podem se acumular no solo causando fitotoxicidade e impactando negativamente o ambiente (Escosteguy et al., 2016). A codigestão de carcaças de animais mortos com os dejetos de suínos, nos níveis preconizados tecnicamente, não aumenta em quantidades significativas os teores destes elementos no digestato. No entanto, a análise do digestato para determinação das suas concentrações de macro e micronutrientes é recomendada para ajuste das doses de aplicação.

Da mesma maneira, o monitoramento dos teores de macro e micronutrientes no solo nas áreas adubadas com digestato é recomendada a fim de se ajustar as recomendações de adubação. Isto evitará o acúmulo destes elementos no solo acima dos níveis fitotóxicos ou dos

limites críticos ambientais (Escosteguy et al., 2016; Gatiboni et al., 2015; 2020).

Do ponto de vista microbiológico, sabe-se que os dejetos e carcaças de animais contêm organismos patogênicos que podem não ser inativados completamente mesmo quando tratados por biodigestão anaeróbia. Nag et al. (2020) reportaram que os principais patógenos de interesse de saúde humana e animal encontrados em áreas de aplicação de digestato oriundo do tratamento de dejetos de animais na Irlanda foram *Cryptosporidium Parvum*, *Salmonella* spp., norovirus, *Streptococcus Pyogenes*, *E. Coli* (EPEC), *Mycobacterium* spp., *Salmonella Typhi*, *Salmonella Paratyphi*, *Clostridium* spp., *Listeriae Monocytogenes* e *Campylobacter*. No entanto, Longhurst et al., (2012) reportaram que o risco de infecções em humanos por *E. Coli*, *Campylobacter*, *Salmonella*, *Listeriae Monocytogenes* e *Cryptosporidium Parvum* e a ocorrência de paraplexia enzoótica em ovinos e caprinos, peste suína clássica em suínos e febre aftosa em bovinos, suínos e ovinos derivadas do uso de digestato na agricultura é muito baixo, sendo inferior a 0,0002% do total de infecções esperadas por ano através de outras rotas de contaminação no Reino Unido. Os autores relatam que os principais mecanismos envolvidos na redução do risco de contaminação de patógenos pelo uso do digestato no solo está relacionado ao tratamento térmico dos resíduos contaminados pré-biodigestão (carcaças de animais mortos), tempo de retenção hidráulica nos biodigestores e

lagoas de armazenamento do digestato e diluição e decaimento da população de patógenos quando da aplicação no solo. Neste sentido, o governo da Escócia, com base nos estudos supracitados e regulamentos 1069/2009 e 142/2011 da União Europeia, elaborou uma matriz de recomendações de uso agrícola do digestato tendo em vista critérios de biossegurança e mitigação do risco de contaminação de animais, plantas e humanos por patógenos (Tabela 3). Não existem estudos similares no Brasil avaliando o risco sanitário do uso de dejetos de animais tratados ou não por biodigestão na agricultura. No entanto, espera-se que as condições observadas nos estudos citados anteriormente e as recomendações para uso seguro do digestato utilizadas na Europa possam ser aplicáveis, mesmo que preliminarmente, às condições brasileiras. Apesar disto, a IN 61 de 2020, do MAPA, impõe exigência para a comercialização de fertilizantes que contenham como matéria-prima qualquer quantidade de resíduos de origem animal, como cama e esterco de aves ou suínos, que deve ser rotulado com a restrição para uso na adubação de pastagens e capineiras, requerendo a incorporação do produto ao solo e uso da área para pastejo somente após 40 dias da sua incorporação. O objetivo desta restrição é reduzir o risco de contaminação dos bovinos em pastejo com o príon causador da Encefalopatia Espongiforme Bovina (BSE).

Tabela 3. Recomendações de biossegurança¹ para uso do digestato em culturas agrícolas.

Culturas	Tipo de digestato	
	Sem tratamento térmico	Com tratamento térmico ²
Grupo A ³	Não até 12 meses antes da colheita ou em até 6 meses antes do plantio	Sim, antes ou após plantio
Cereais ⁴ e demais culturas do grupo B ⁵	Sim, antes ou após plantio	Sim, antes ou após plantio
Forrageiras para corte e pastejo	Sim, antes ou após plantio e até 3 semanas antes de corte ou pastejo	Sim, antes ou após plantio e até 3 semanas antes de corte ou pastejo

Adaptado de Compost and Digestate Safety for Agriculture, Zero Waste Scotland.

¹ Patógenos de relevância considerados na análise de risco: vírus da peste suína clássica, vírus da febre aftosa, príon da paraplexia enzoótica de ovinos, *Mycobacterium paratuberculosis*, *Fasciola hepática*, *Neospora caninum*, *Sarcocystis*, *Cysticercosis Bovina* e *Toxoplasma* para risco à saúde animal; *Enterobacteriaceae* (*E. coli* O157), *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Listeria* spp., *Cryptosporidium parvum*; *Taenia saginata*, *Legionella* e *Aspergillus* para risco à saúde humana; Nematóide do cisto da batata, Nematóides livres de solo, Hérnia das Crucíferas, *Fusarium*, Sarna-pulverulenta e sarna-comum da batata, *Rhizoctonia*, *Phytophthora* para risco à sanidade vegetal.

² Inclui o tratamento térmico dos substratos utilizados no processo de biodigestão ou do próprio digestato, conforme regulamentos 1069/2009 e 142/2011 da União Europeia e implementados no Reino Unido e Irlanda do Norte.

³ Os vegetais do grupo A incluem aqueles que podem ser consumidos crus, que possuem ou não casca protetora, que crescem sem contato com o solo ou que têm histórico de contaminação por patógenos: alface, cebola, rabanete, morangos, chicória, folhas consumidas cruas, maçã, mirtilo, brócolis, repolho, couve-flor, cereja, alho, vagens, melão, cogumelos, ervilhas, peras, pêssego, framboesa, tomate, entre outras.

⁴ Cereais: trigo, cevada, aveia, centeio, triticale, feijão, canola, soja, girassol, entre outros.

⁵ Os vegetais do grupo B incluem aqueles que são sempre cozidos antes do consumo: alcachofra, batata, abóboras, beterraba, entre outros.

No entanto, conforme relatório da OS21/2013 da Embrapa Suínos e Aves (Caron et al., 2013), o risco de propagação do príon da BSE pela aplicação de dejetos de suínos e cama de aves no solo é elevado somente quando estes resíduos são gerados por animais alimentados com ração contendo farinha de ossos e carne que incluem na sua composição materiais especificados como de risco para encefalopatia espongiforme bovina (encéfalo, medula espinhal e íleo), o que é vedado pela IN 34 de 2008 do MAPA. A mesma normativa também estabelece a necessidade de tratamento térmico das farinhas, o que já foi demonstrado

como sendo eficiente para eliminar a capacidade infectante do príon da BSE (Giles et al., 2012). Assim, a OS21/2013 concluiu que a vigência, observância e fiscalização do cumprimento desta normativa, mitiga significativamente o risco do uso dos dejetos de suínos e cama de aves como fertilizantes quanto a propagação do príon da BSE. Neste sentido, também o uso do digestato oriundo da codigestão de dejetos e carcaças de suínos representariam risco mínimo de propagação do príon da BSE por serem resíduos gerados em sistema de produção sobre os efeitos da IN 31 de 2008 do MAPA.

Legislação internacional

A União Europeia segue uma regulação para o tratamento e disposição de resíduos animais. A regulação (EC Nº 1069/2009) divide os resíduos em diferentes categorias baseado no risco e origem do material:

- **Categoria 1:** material de elevado risco, inclui animais suspeitos de estarem infectados com encefalopatia espongiforme transmissível (EET- vaca louca- prions), animais selvagens, pets e animais de zoológico.
- **Categoria 2:** inclui dejetos e conteúdo do aparelho digestivo, animais e partes de animais (mortos abatidos para consumo humano, mortos e não abatidos incluindo animais mortos para fins de controle de doenças), fetos, oocistos, embriões.
- **Categoria 3:** baixo risco, compreende carcaças e partes de animais abatidos, sangue, placenta, lã, penas, pelo, chifres, cascos e leite cru, provenientes de animais vivos que não revelem sinais de doença transmissível através desse produto a seres humanos ou animais.

O regulamento europeu 142/2011, que aplica o Regulamento (CE) 1069/2009, prevê parâmetros alternativos para unidades de biogás e compostagem desde que o requerente dessa utilização demonstre que esses parâmetros garantam uma redução adequada dos riscos biológicos.

Referências

- AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; PUJOL, S. B.; NICOLOSO, R. da S.; CORRÊA, J. C. Aproveitamento dos dejetos de suínos e bovinos como fertilizantes: impactos ambientais e estratégias de mitigação. In: PALHARES, J. C. P.; GEBLER, L. (Ed.). **Gestão ambiental na agropecuária**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. . v. 2. p. 199-282.
- CARON, L.; TREVISOL, I. M.; PANDOLFI, J. R. C.; MATTOS, G. L. M.; NICOLOSO, R. da S. **Relatório da Ordem de Serviço CNPSA 21/2013**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2014
- COMMISSION REGULATION (EU). Nº 142/2011 of 25 February 2011 implementing Regulation (EC) Nº 1069/2009 of the European Parliament and of the Council laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption and implementing Council Directive 97/78/EC as regards certain samples and items exempt from veterinary checks at the border under that Directive Text with EEA relevance OJ L 54, 26.2.2011. 154 p.
- ESCOSTEGUY, P. A. V.; GATIBONI, L. C.; NICOLOSO, R. da S.; BRUNETTO, G.; SILVA, L. S. da; BLEY, H. Calagem e adubação e a qualidade ambiental. In: **MANUAL de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. p. 331-342.

- FONGARO, G.; KUNZ, A.; MAGRI, M. E.; VIANCELLI, A.; SCHISSI, C. D.; DA SILVA LANNA, M. C.; HERNÁNDEZ, M.; RODRÍGUEZ-LÁZARO, D.; GARCÍA-GONZÁLEZ, M. C.; BARARDI, C. R. M. Evaluation of the Effective Inactivation of Enteric Bacteria and Viruses From Swine Effluent and Sludge at Tropical Temperatures. **Water, Air, Soil Pollution**, v. 229, n. 226, 2018.
- FONGARO, G.; VIANCELLI, A.; MAGRI, M. E.; ELMAHDY, E. M.; BIESUS, L. L.; KICH, J. D.; KUNZ, A.; BARARDI, C. R. M. Utility of specific biomarkers to assess safety of swine manure for biofertilizing purposes. **Science of The Total Environment**, v. 479-480, p. 277-283, 2014.
- FRANZO, G.; CORTEY, M.; OLVERA, A.; NOVOSEL, D.; CASTRO, A. M. M. G.; BIAGNINI, P.; SEGALÉS, J.; DRIGO, M. Revisiting the taxonomical classification of porcine circovirus type 2 (PCV2): still a real challenge. **Virology Journal**, v. 12, n. 131, 2015.
- GATIBONI, L. C.; SMYTH, T. J.; SCHMITT, D. E.; CASSOL, P. C.; OLIVEIRA, C. M. B. Limites críticos ambientais de fósforo no solo para avaliar seu risco de transferência para águas superficiais no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1225-1234, 2015.
- GATIBONI, L.C.; NICOLOSO, R.S.; MUMBACH, G.L.; SOUZA JÚNIOR, A.A.; DALL'ORSOLETTA, D.J.; EUGÊNIO, S.D.; SMYTH, T.J. Establishing environmental soil phosphorus thresholds to decrease the risk of losses to water in soils from Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, e0200018, 2020.
- GILES, K.; GLIDDEN, D. V.; BECKWITH, R.; SEOANES, R.; PERETZ, D.; DEARMOND, S. J.; PRUSINER, S. B. Resistance of Bovine Spongiform Encephalopathy (BSE) Prions to Inactivation. **PLoS Pathogens**, v. 4, n. 11, e1000206, 2008.
- HIDALGO, D.; MARTÍN-MARROQUÍN, J. M.; CORONA, F. The effect of feed composition on anaerobic co-digestion of animal-processing by-products. **Journal of Environmental Management**, v. 216, p. 105-110, 2018.
- IMA. Instrução Normativa nº 11. Portaria Inter setorial n. 01/04, de 14.11.2014. Florianópolis, 2014.
- KICH, J. D.; COLDEBELLA, A.; MORÉS, N.; NOGUEIRA, M. G.; CARDOSO, M.; FRATAMICO, P. M.; CALL, J. E.; FEDORKA-CRAY, P.; LUCHANSKY, J. B. Prevalence, distribution, and molecular characterization of Salmonella recovered from swine finishing herds and a slaughter facility in Santa Catarina, Brazil. **International Journal of Food Microbiology**, v. 151, n. 3, p. 307-313, 2011.
- KIM, H. B.; ISAACSON, R. E. Salmonella in swine: microbiota interactions. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 5, p. 43-63, 2017.
- LONGHURST, P.; CHAMBERS, B.; GALE, P.; LITTERICK, A.; TAYLOR, M.; TOMPKINS, D.; TYRREL S. Risk assessment of the use of source-segregated anaerobic digestates in GB agriculture. 17th European Biosolids and Organic Resources Conference, 2012. **Anais...** Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/287199808_Risk_assessment_of_the_use_of_source-segregated_anaerobic_digestates_in_GB_agriculture>. Acesso em: 22 fev. 2021.
- MACHADO, G. Estratégias de descarte de matrizes e reposição de plantéis. In: Associação Brasileira de Criadores de Suínos. **Produção de suínos: teoria e prática**. Brasília, DF: ABCS, 2014. 908 p. MANUAL de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016.
- MAPA. Instrução Normativa nº 34 de 28 de maio de 2008. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-34-de-28-de-maio-de-2008.pdf/@@download/file/instrucao-normativa-no-34-de-28-de-maio-de-2008.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2021.
- MAPA. Instrução Normativa nº 61 de 8 de Julho de 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-61-de-8-de-julho-de-2020-266802148>>. Acesso em: 22 fev. 2021.

- NAG, R.; WHYTE, P.; MARKEY, B.K.; O'FLAHERTY, V.; BOLTON, D.; FENTON, O.; RICHARDS, K.G.; CUMMINS, E. Ranking hazards pertaining to human health concerns from land application of anaerobic digestate. **Science of the Total Environment**, v. 710, n. 136297, 2020.
- NICOLOSO, R. da S.; BARROS, E. C.; WUANDEN, C. R.; PIGOSSO, A. Uso do digestato como fertilizante. In: KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. do (Ed.). **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2019. p. 94-128.
- NICOLOSO, R. da S.; LIMA, G. J. M. M. de; KRABBE, E. L.; MORES, N.; OLIVEIRA, P. A. V. de; KUNZ, A.; DALLA COSTA, O. A.; CARON, L.; AVILA, V. S. de; BARROS, E. C.; OLIVEIRA, M. M. de. **Tecnologias para destinação de animais mortos na granja**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. 34 p. 1 cartilha. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/156996/1/final8459.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2021.
- PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. Manual de calagem e adubação para o estado do Paraná. 2 ed. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – NEPAR-SBCS, 2019.
- RAJAGOPAL, R.; MASSÉ, D. I.; SAADY, N. M. Low-Temperature Anaerobic Co-Digestion of Swine Carcass and Swine Manure: Impact of High Swine Carcass Loading Rate. **Transactions of the ASABE**, p. 1811–1816, 2014.
- RAMIREZ, A.; ZAABEL, P. **Swine biological risk management**. Veterinary Diagnostic and Production Animal. Iowa: Iowa State University, 2012.
- Regulation (EC) N° 1069/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption and repealing Regulation (EC) No 1774/2002 (Animal by-products Regulation) OJ L 300, 14.11.2009, p. 1–33.
- TÁPPARO, D. C.; ROGOVSKI, P.; CADAMURO, R. D.; SOUZA, D. S. M.; BONATTO, C.; CAMARGO, A. F.; SCAPINI, T.; STEFANSKI, F.; AMARAL, A. C. do; KUNZ, A.; HERNÁNDEZ, M.; TREICHEL, H.; RODRÍGUEZ-LÁZARO, D.; FONGARO, G. Nutritional, energy and sanitary aspects of swine manure and carcass co-digestion. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 8, n. 333, 2020.
- TÁPPARO, D. C.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. do; GASPARETTO, T. C.; CÉ, A.; KUNZ, A. Process performance of swine carcass and manure co-digestion in comparing of manure mono-digestion: impact of organic loading rate. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAS, 6., 2019, Florianópolis, SC. **Anais...** Concórdia: Sbera/Embrapa, 2019. p. 381-384.
- TÁPPARO, D. C.; VIANCELLI, A.; AMARAL, A. C. do; FONGARO, G.; STEINMETZ, R. L. R.; MAGRI, M. E.; BARARDI, C. R. M.; KUNZ, A. Sanitary effectiveness and biogas yield by anaerobic co-digestion of swine carcasses and manure. **Environmental Technology**, v. 41, n. 6, p. 682-690, 2018.
- VIANCELLI, A.; KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; KICH, J. D.; SOUZA, C. K. de; CANAL C. W.; COLDEBELLA, A.; ESTEVES, P. A.; BARARDI, C. R. M. Performance of two swine manure treatment systems on chemical composition and on the reduction of pathogens. **Chemosphere**, v. 90, p. 1539-1544, 2013.
- ZERO WASTE SCOTLAND. **Overview**: compost and digestate safety for agriculture. Disponível em: <<https://www.zerowastescotland.org.uk/sites/default/files/ZWS1288%20Risk%20Assessment%20Docs%20Compost%20and%20Digestate%20v4%20Final.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2021.
- ZIEMBA, C.; PECCIA, J. Net energy production associated with pathogen inactivation during mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of sewage sludge. **Water Research**, v. 45, p. 4758–4768, 2011.

Exemplares desta edição
podem ser adquiridos na:

Embrapa Suínos e Aves
Rodovia BR 153 - KM 110
Caixa Postal 321
89.715-899, Concórdia, SC
Fone: (49) 3441 0400
Fax: (49) 3441 0497
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Versão eletrônica (2021)



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações
da Embrapa Suínos e Aves

Presidente

Marcelo Miele

Secretária-Executiva

Tânia Maria Biavatti Celant

Membros

Airton Kunz, Clarissa Silveira Luiz Vaz,

Gerson Neudi Scheuermann,

Jane de Oliveira Peixoto e

Monalisa Leal Pereira

Supervisão editorial

Tânia Maria Biavatti Celant

Revisão técnica

Evandro Carlos Barros

Martha Mayumi Higarashi

Revisão de texto

Monalisa Leal Pereira

Revisão bibliográfica

Cláudia Antunez Arrieche

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Vivian Fracasso